

## Process for preparing cycloolefin polymers

**Patent number:** EP0407870

**Publication date:** 1991-01-16

**Inventor:** BREKNER MICHAEL-JOACHIM DR (DE); ROHRMANN JUERGEN DR (DE); SPALECK WALTER DR (DE); ANTBERG MARTIN DR (DE)

**Applicant:** HOECHST AG (DE)

**Classification:**

- **international:** C08F32/08; C08G61/08

- **european:** C07F17/00; C08F32/08; C08F210/00

**Application number:** EP19900112732 19900704

**Priority number(s):** DE19893922546 19890708

**Also published as:**

- US5087677 (A1)
- JP3045612 (A)
- JP2002348324 (A)
- JP2001270915 (A)
- JP11315124 (A)

[more >>](#)

**Cited documents:**

- DE3835044
- EP0358103
- EP0283164
- EP0304671
- EP0291970

Abstract not available for EP0407870

Abstract of corresponding document: **US5087677**

Polymers of polycyclic olefins of the formulae I to IV having a viscosity number greater than 20 cm<sup>3</sup>/g and a glass transition temperature above 100 DEG C. are obtained without ring opening at a high polymerization rate and at polymerization temperatures advantageous from the technical point of view by means of a catalyst which is composed of a stereo-rigid, chiral metallocene compound of groups IVb to VIb of the Periodic Table of the Elements and an aluminoxane. (I) (II) (III) (IV)

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19)

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 407 870 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
10.12.1997 Patentblatt 1997/50

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: C08F 32/08, C08G 61/08

(21) Anmeldenummer: 90112732.4

(22) Anmeldetag: 04.07.1990

### (54) Verfahren zur Herstellung von Cycloolefinpolymeren

Process for preparing cycloolefin polymers

Procédé de préparation de polymères de cyclo-oléfines

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
BE DE ES FR GB IT NL

### (72) Erfinder:

- Brekner, Michael-Joachim, Dr.  
D-6000 Frankfurt am Main (DE)
- Rohrmann, Jürgen, Dr.  
D-6237 Liederbach (DE)
- Spaleck, Walter, Dr.  
D-6237 Liederbach (DE)
- Antberg, Martin, Dr.  
D-6238 Hofheim am Taunus (DE)

(30) Priorität: 08.07.1989 DE 3922546

### (56) Entgegenhaltungen:

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| EP-A- 0 283 164 | EP-A- 0 291 970 |
| EP-A- 0 304 671 | EP-A- 0 316 155 |
| EP-A- 0 358 103 | DE-A- 3 835 044 |

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
16.01.1991 Patentblatt 1991/03

### Bemerkungen:

Die Akte enthält technische Angaben, die nach dem  
Eingang der Anmeldung eingereicht wurden und die  
nicht in dieser Patentschrift enthalten sind.

(60) Teilanmeldung:  
97108175.7 / 0 791 611  
97102182.9 / 0 773 242  
95115275.0 / 0 690 078

(73) Patentinhaber:  
HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT  
65926 Frankfurt am Main (DE)

EP 0 407 870 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Homo- und Copolymeren von polycyclischen Olefinen, wobei keine Ringöffnung erfolgt.

5 Es ist bekannt, daß polycyclische Olefine mittels verschiedener Ziegler-Katalysatoren polymerisiert werden können. Die Polymerisation verläuft in Abhängigkeit vom Katalysator über Ringöffnung (vgl. US 3 557 072 und US 4 178 424) oder Öffnung der Doppelbindung (vgl. EP 156 464, EP 283 164, EP 291 208, EP 291 970).

Der Nachteil einer ringöffnenden Polymerisation besteht darin, daß das erhaltene Polymerisat Doppelbindungen enthält, die zu Kettenvernetzungen führen können und damit die Verarbeitbarkeit des Materials durch Extrudieren oder 10 Spritzgießen erheblich einschränken.

Die Polymerisation unter Öffnung der Doppelbindung führt bei cyclischen Olefinen zu einer relativ niederen Polymerisationsgeschwindigkeit (Umsatzrate).

Als Katalysator läßt sich bei monocyclischen Olefinen eine stereorigide chirale Metallocenverbindung wie Ethylenbis(indenyl)zirkoniumdichlorid verwenden, wobei die Polymerisation unter Erhalt des Ringes erfolgt (vgl. EP 304 671).

15 Bei den aus den vorgenannten Druckschriften bisher bekannten Propylencopolymeren liegt die Viskositätszahl unterhalb 20 cm<sup>3</sup>/g und die Glastemperatur der Copolymeren von Ethylen mit Norbornen übersteigt nicht 100°C.

Aus EP-A-283164 ist ein Verfahren zur Herstellung eines statistischen Cycloolefincopolymeren, das von einer  $\alpha$ -Olefinkomponente mit 3 bis 20 Kohlenstoffatomen und einer Cycloolefinkomponente abgeleitet wird, wobei das Copolymer 5 bis 99 Mol-% Einheiten enthält, die sich von der  $\alpha$ -Olefinkomponente ableiten und 95 bis 1 Mol-% Einheiten 20 enthalten, die sich von der Cycloolefinkomponente ableiten und das Copolymer eine Viskositätszahl gemessen bei 135°C in Dekalin von 0,01 bis 10 dl-g aufweist.

Aus DE-A-3835044 ist ein Verfahren zur Herstellung von Cycloolefincopolymeren bekannt, wobei Homo- und Copolymerisate von polycyclischen Olefinen ohne Ringöffnung mit einer hohen Polymerisationsgeschwindigkeit mittels eines Katalysators erhält, welcher aus einer stereorigiden chiralen Metallocenverbindung der Gruppe IVb bis VIb des Periodensystems der Elemente und einem Aluminoxan besteht.

25 Aus EP-A-316155 ist ein Verfahren zur Herstellung von Polypropylen bekannt, wobei Übergangsmetallverbindungen, die siliciumverbrückte Cyclopentadienyl-Reste aufweisen, als Katalysatorkomponenten verwendet werden.

Es bestand die Aufgabe, ein Verfahren zu finden, welches gestattet, bei der Copolymerisation von polycyclischen Olefinen mit acyclischen Olefinen Polymere mit einer Viskositätszahl größer 20 cm<sup>3</sup>/g und einer Glastemperatur oberhalb 100°C zu erhalten.

30 Es wurde gefunden, daß bei der Verwendung eines bestimmten Metallocens als Katalysator die Aufgabe gelöst werden kann.

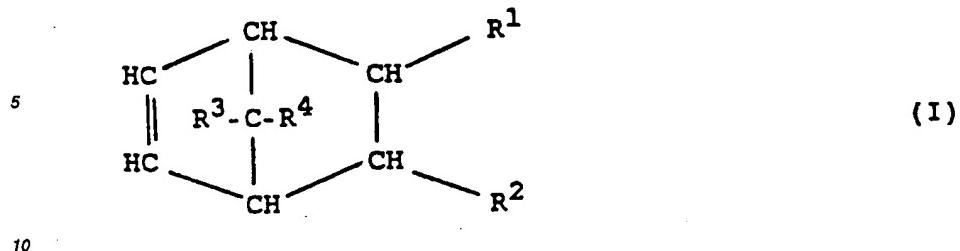
Die Erfindung betrifft somit ein Verfahren zur Herstellung eines Cycloolefinpolymers durch Polymerisation von 0,1 bis 100 Gew.%, bezogen auf die Gesamtmenge der Monomeren, mindestens eines Monomers der Formeln I, II, III oder 35 IV

40

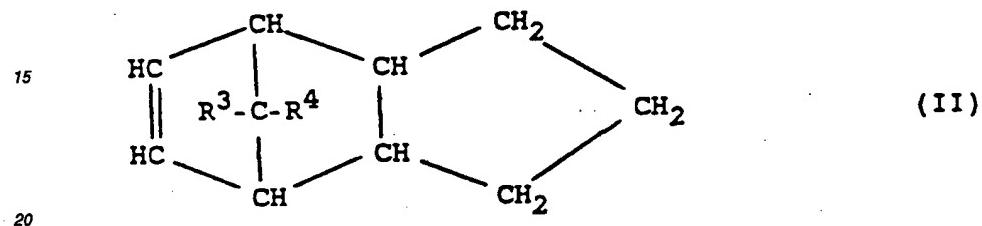
45

50

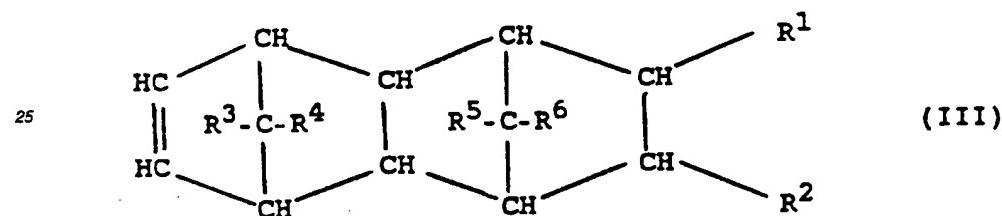
55



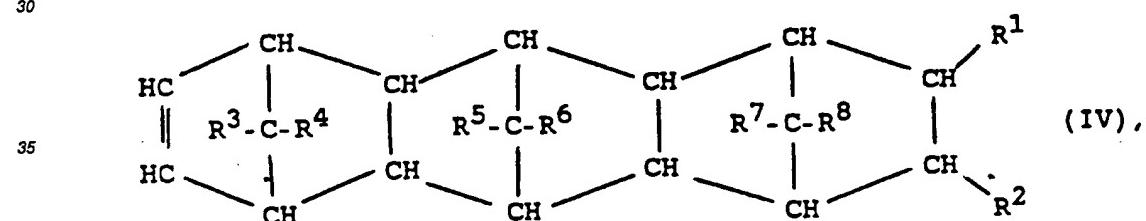
10



20



30



40 worin R<sup>1</sup> R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup>, R<sup>7</sup> und R<sup>8</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder einen C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkylrest bedeuten, wobei gleiche Reste in den verschiedenen Formeln eine unterschiedliche Bedeutung haben können, 0 bis 99,9 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der Monomeren, eines Cycloolefins der Formel V

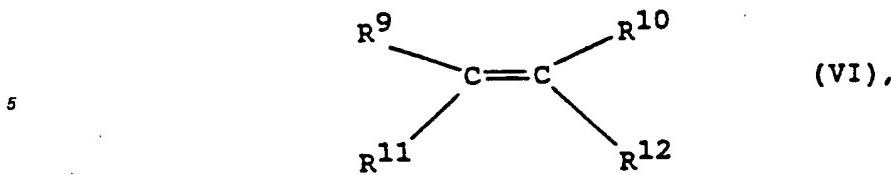
45



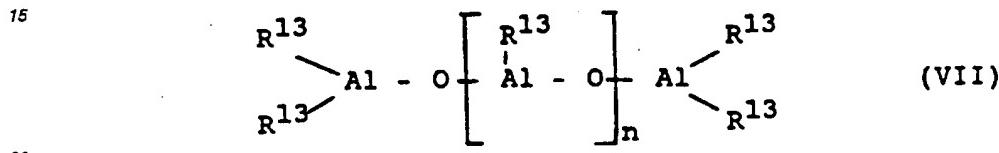
50

worin n eine Zahl von 2 bis 10 ist, und  
0 bis 99,9 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der Monomeren, mindestens eines acyclischen 1-Olefins der Formel VI

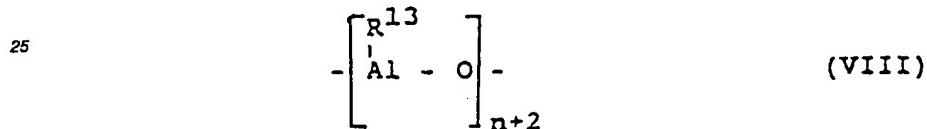
55



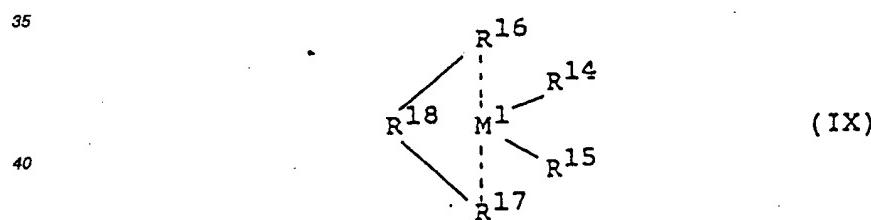
- 10 worin  $R^9$ ,  $R^{10}$ ,  $R^{11}$  und  $R^{12}$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder einen C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkylrest bedeuten, in Lösung, in Suspension oder in der Gasphase, bei einer Temperatur von -78 bis 150°C, bei einem Druck von 0,5 bis 64 bar, in Gegenwart eines Katalysators, welcher aus einem Metallocen als Übergangsmetallkomponente und einem Aluminoxan der Formel VII



für den linearen Typ und/oder der Formel VIII

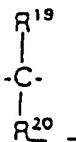


- 30 für den cyclischen Typ besteht, wobei in den Formeln VII und VIII  $R^{13}$  eine C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-Alkylgruppe oder Phenyl oder Benzyl bedeutet und n eine ganze Zahl von 2 bis 50 ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Polymerisation in Gegenwart eines Katalysators durchgeführt wird, dessen Übergangsmetallkomponente mindestens eine Verbindung der Formel IX



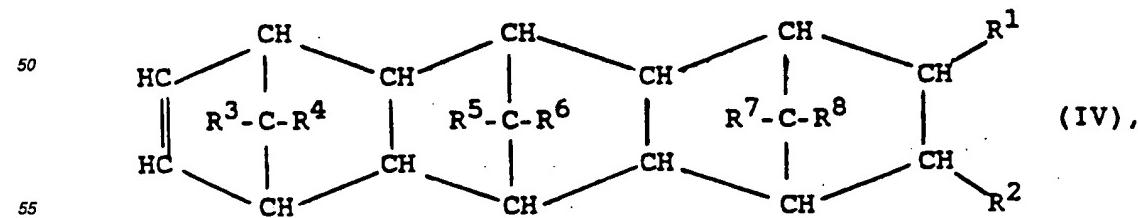
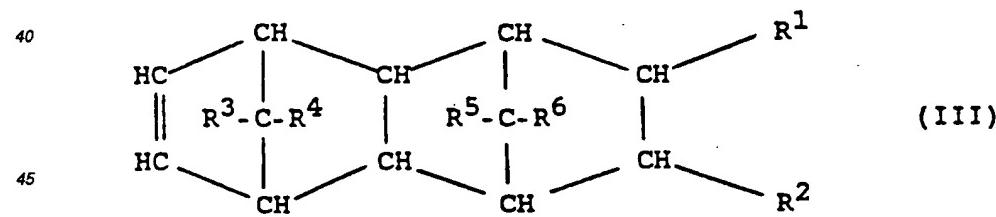
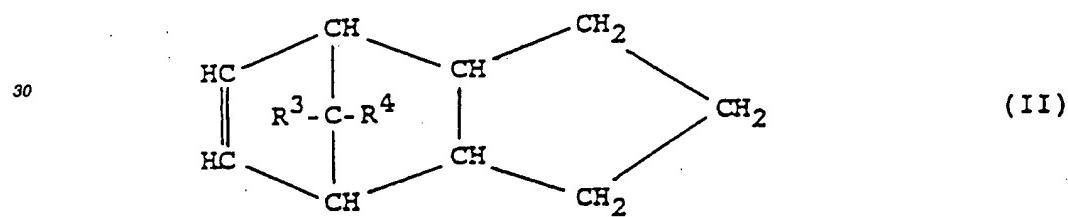
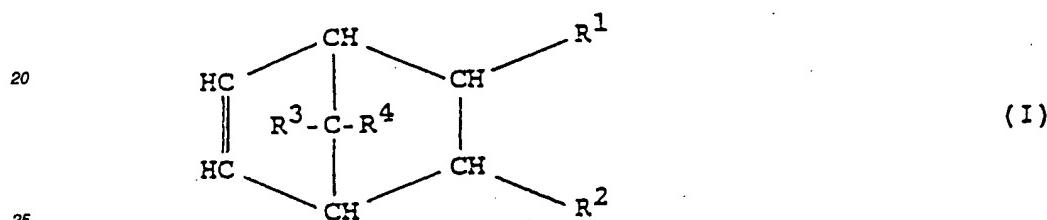
- 45 ist, worin

- $M^1$  Titan, Zirkon, Hafnium, Vanadium, Niob oder Tantal ist,  
 $R^{14}$  und  $R^{15}$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Aryloxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylaikylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe oder eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe bedeuten,  
 $R^{16}$  und  $R^{17}$  gleich oder verschieden sind und einen ein- oder mehrkernigen Kohlenwasserstoffrest, welcher mit dem Zentralatom  $M^1$  eine Sandwichstruktur bilden kann, bedeuten,  
 $R^{18}$
- 55



10 ist, wobei  $R^{19}$  und  $R^{20}$  gleich oder verschieden sind und ein Halogenatom, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkylgruppe,  
 eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Fluoralkylgruppe, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Fluorarylgruppe, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Arylgruppe, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkoxygruppe, eine  $C_2$ - $C_{10}$ -Alkenylgruppe, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Arylalkylgruppe, eine  $C_8$ - $C_{40}$ -Arylalkenylgruppe  
 oder eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Alkyarylgruppe bedeuten oder  $R^{19}$  und  $R^{20}$  jeweils mit den sie verbindenden Atomen  
 einen Ring bilden.

15 Im erfindungsgemäßen Verfahren wird mindestens ein polycyclisches Olefin der Formeln I, II, III oder IV, vorzugsweise ein Cycloolefin der Formeln I oder III,



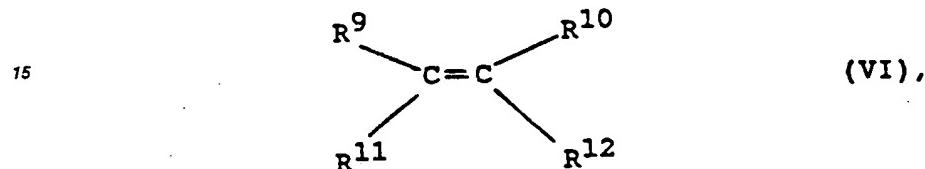
55 worin  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$ ,  $R^6$ ,  $R^7$  und  $R^8$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder einen  $C_1$ - $C_8$ -Alkylrest bedeuten, wobei gleiche Reste in den verschiedenen Formeln eine unterschiedliche Bedeutung haben können,

polymerisiert.

Gegebenenfalls wird auch ein monocyclisches Olefin der Formel V



10 worin n eine Zahl von 2 bis 10 ist, verwendet. Ein anderes Comonomer ist ein acyclisches 1-Olefin der Formel VI,



20 worin R<sup>9</sup>, R<sup>10</sup>, R<sup>11</sup> und R<sup>12</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder einen C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkylrest bedeuten. Bevorzugt sind Ethylen oder Propylen.

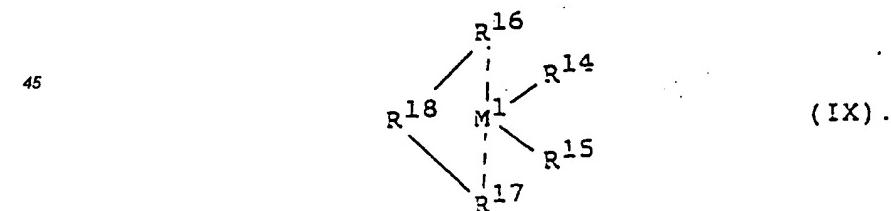
Insbesondere werden Copolymeren von polycyclischen Olefinen der Formeln I und III hergestellt.

Das polycyclische Olefin (I bis IV) wird in einer Menge von 0,1 bis 100 Gew.-%, das monocyclische Olefin (V) in 25 einer Menge von 0 bis 99,9 Gew.-% und das acyclische 1-Olefin (VI) in einer Menge von 0 bis 99,9 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtmenge der Monomeren, eingesetzt.

Die Monomeren werden vorzugsweise in folgenden Mengenverhältnissen eingesetzt:

- 30 a) das molare Monomererverhältnis polycyclisches Olefin (I bis IV) zu 1-Olefin (VI) beträgt in den entsprechenden Polymeren 1 : 99 bis 99 : 1, vorzugsweise 20 : 80 bis 80 : 20;
- b) bei Polymeren aus polycyclischen Olefinen (I bis IV) und monocyclischen Olefinen (V) beträgt das Molverhältnis polycyclisches Olefin zu monocyclischem Olefin 10 : 90 bis 90 : 10;
- c) bei Polymeren aus polycyclischen Olefinen (I bis IV), monocyclischen Olefinen (V) und 1-Olefinen (VI) beträgt das molare Monomererverhältnis polycyclisches Olefin zu monocyclischem Olefin zu 1-Olefin 93 : 5 : 2 bis 5 : 93 : 2 bis 5 : 5 : 90, d. h. das Molverhältnis liegt innerhalb eines Mischungsdreiecks, dessen Ecken durch die Molverhältnisse 93 : 5 : 2, 5 : 93 : 2 und 5 : 5 : 90 festgelegt sind;
- 35 d) in den Angaben a), b) und c) sind als polycyclische Olefine; monocyclische Olefine und 1-Olefine auch Gemische zweier oder mehrerer Olefine des jeweiligen Typs zu verstehen.

40 Der für das erfindungsgemäße Verfahren zu verwendende Katalysator besteht aus einem Aluminoxan und mindestens einem Metallocen der Formel IX



In Formel IX ist M<sup>1</sup> ein Metall aus der Gruppe Titan, Zirkon, Hafnium, Vanadium, Niob und Tantal, vorzugsweise Zirkon und Hafnium.

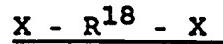
55 R<sup>14</sup> und R<sup>15</sup> sind gleich oder verschieden und bedeuten ein Wasserstoffatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>6</sub>-C<sub>8</sub>-Aryloxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-, vorzugsweise C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-, vorzugsweise C<sub>7</sub>-C<sub>10</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-, vorzugsweise C<sub>7</sub>-C<sub>12</sub>-Alkylarylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-, vorzugsweise C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>-Arylalkenylgruppe oder ein Halogenatom, vorzugsweise Chlor.

EP 0 407 870 B1

R<sup>16</sup> und R<sup>17</sup> sind gleich oder verschieden und bedeuten einen ein- oder mehrkernigen Kohlenwasserstoffrest, welcher mit dem Zentralatom M<sup>1</sup> eine Sandwichstruktur bilden kann.

Bevorzugt sind R<sup>16</sup> und R<sup>17</sup> entweder beide Indenyl oder Tetrahydroindenyl oder R<sup>16</sup> Fluorenyl und R<sup>17</sup> Cyclopentadienyl.

- 5 R<sup>18</sup> ist eine Brücke, welche die Reste R<sup>16</sup> und R<sup>17</sup> verknüpft und die in Anspruch 1 angegebene Bedeutung hat.  
Die Metallocene können nach folgendem Reaktionsschema hergestellt werden:



15

20

25

30

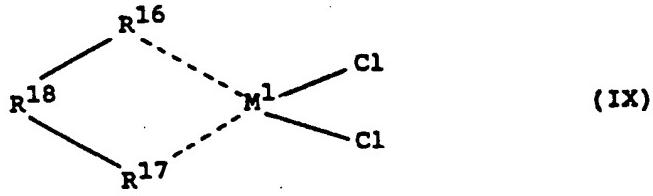
35

40

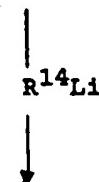
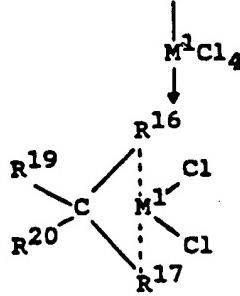
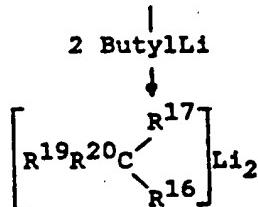
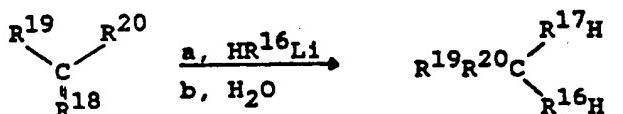
45

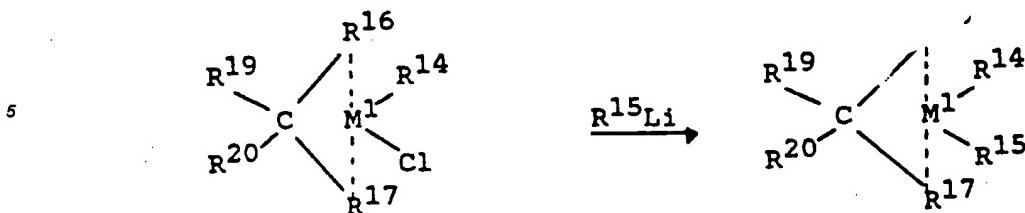
50

55



oder





10

Das obige Reaktionsschema gilt selbstverständlich auch für die Fälle  $R^{16} = R^{17}$  und/oder  $R^{19} = R^{20}$  und/oder  $R^{14} = R^{15}$ .

Bevorzugt eingesetzte Metallocene sind:

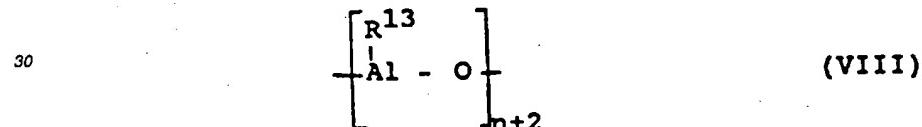
- 15 Diphenylmethylen-(9-fluorenyl)-cyclopentadienyl-zirkondichlorid,  
Isopropyliden-(9-fluorenyl)-cyclopentadienyl-zirkondichlorid oder deren Gemische.

Der Cokatalysator ist ein Aluminoxan der Formel VII



25

für den linearen Typ und/oder der Formel VIII



- 35 für den cyclischen Typ. In diesen Formeln bedeutet  $R^{13}$  eine  $C_1-C_6$ -Alkylgruppe, vorzugsweise Methyl, Ethyl oder Isobutyl, Butyl oder Neopentyl, oder Phenyl oder Benzyl. Besonders bevorzugt ist Methyl.  $n$  ist eine ganze Zahl von 2 bis 50, bevorzugt 5 bis 40. Die exakte Struktur des Aluminoxans ist jedoch nicht bekannt.

Das Aluminoxan kann auf verschiedene Art und Weise hergestellt werden.

- Bei einem der Verfahren wird fein gepulvertes Kupfersulfatpentahydrat in Toluol aufgeschlämmt und in einem Glas-40 Kolben unter Inertgas bei etwa -20°C mit soviel Aluminiumtrialkyl versetzt, daß für je 4 Al-Atome etwa 1 mol  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  zur Verfügung steht. Nach langsamer Hydrolyse unter Alkan-Abspaltung wird die Reaktionsmischung 24 bis 48 Stunden bei Zimmertemperatur belassen, wobei gegebenenfalls gekühlt werden muß, damit die Temperatur nicht über 30°C ansteigt. Anschließend wird das im Toluol gelöste Aluminoxan von dem Kupfersulfat abfiltriert und die Lösung im Vakuum eingeengt. Es wird angenommen, daß bei diesen Herstellungsverfahren die niedermolekularen 45 Aluminoxane unter Abspaltung von Aluminiumtrialkyl zu höheren Oligomeren kondensieren.

- Weiterhin erhält man Aluminoxane, wenn man bei einer Temperatur von -20 bis 100°C in einem inerten aliphatischen oder aromatischen Lösemittel, vorzugsweise Heptan oder Toluol, gelöstes Aluminiumtrialkyl, vorzugsweise Aluminiumtrimethyl, mit kristallwasserhaltigen Aluminiumsalzen, vorzugsweise Aluminiumsulfat, zur Reaktion bringt. Dabei beträgt das Volumenverhältnis zwischen Lösemittel und dem verwendeten Aluminiumalkyl 1 : 1 bis 50 : 1 - vorzugsweise 5 : 1 - und die Reaktionszeit, die durch Abspaltung des Alkans kontrolliert werden kann, 1 bis 200 Stunden - vorzugsweise 10 bis 40 Stunden.

- 50 Von den kristallwasserhaltigen Aluminiumsalzen werden insbesondere jene verwendet, die einen hohen Gehalt an Kristallwasser aufweisen. Besonders bevorzugt ist Aluminiumsulfat-Hydrat, vor allem die Verbindungen  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 16H_2O$  und  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  mit dem besonders hohen Kristallwassergehalt von 16 bzw. 18 mol  $H_2O/mol Al_2(SO_4)_3$ .

Eine weitere Variante zur Herstellung von Aluminoxanen besteht darin, Aluminiumtrialkyl, vorzugsweise Aluminiumtrimethyl, in dem im Polymerisationskessel vorgelegten Suspensionsmittel, vorzugsweise im flüssigen Monomeren, in Heptan oder Toluol, zu lösen und dann die Aluminiumverbindung mit Wasser umzusetzen.

Neben den zuvor geschilderten Verfahren zur Herstellung von Aluminoxanen gibt es weitere, welche brauchbar

sind. Unabhängig von der Art der Herstellung ist allen Aluminoxanlösungen ein wechselnder Gehalt an nicht umgesetztem Aluminiumtrialkyl, das in freier Form oder als Addukt vorliegt, gemeinsam. Dieser Gehalt hat einen noch nicht genau geklärten Einfluß auf die katalytische Wirksamkeit, der je nach eingesetzter Metallocenverbindung verschieden ist.

5 Es ist möglich, das Metallocen vor dem Einsatz in der Polymerisationsreaktion mit einem Aluminoxan der Formel II und/oder III vorzuaktivieren. Dadurch wird die Polymerisationsaktivität deutlich erhöht.

Die Voraktivierung der Übergangsmetallverbindung wird in Lösung vorgenommen. Bevorzugt wird dabei das Metallocen in einer Lösung des Aluminoxans in einem inerten Kohlenwasserstoff aufgelöst. Als inerter Kohlenwasserstoff eignet sich ein aliphatischer oder aromatischer Kohlenwasserstoff.

10 Bevorzugt wird Toluol verwendet.

Die Konzentration des Aluminoxans in der Lösung liegt im Bereich von ca. 1 Gew.-% bis zur Sättigungsgrenze, vorzugsweise von 5 bis 30 Gew.-%, jeweils bezogen auf die Gesamtlösung. Das Metallocen kann in der gleichen Konzentration eingesetzt werden, vorzugsweise wird es jedoch in einer Menge von  $10^{-4}$  - 1 mol pro mol Aluminoxan eingesetzt. Die Voraktivierungszeit beträgt 5 Minuten bis 60 Stunden, vorzugsweise 5 bis 60 Minuten. Man arbeitet bei einer Temperatur von -78°C bis 100°C, vorzugsweise 0 bis 70°C.

15 Eine deutlich längere Voraktivierung ist möglich, sie wirkt sich normalerweise jedoch weder aktivitätssteigernd noch aktivitätsmindernd aus, kann jedoch zu Lagerzwecken durchaus sinnvoll sein.

Die Polymerisation wird in einem für das Ziegler-Niederdruckverfahren gebräuchlichen inerten Lösemittel durchgeführt, beispielsweise in einem aliphatischen oder cycloaliphatischen Kohlenwasserstoff; als solcher sei beispielsweise

20 Butan, Pentan, Hexan, Heptan, Isooctan, Cyclohexan, Methylcyclohexan genannt. Weiterhin kann eine Benzin- bzw. hydrierte Dieselölfraktion, die sorgfältig von Sauerstoff, Schwefelverbindungen und Feuchtigkeit befreit worden ist, benutzt werden. Brauchbar ist auch Toluol.

25 Schließlich kann auch das zu polymerisierende Monomere als Lösemittel oder Suspensionsmittel eingesetzt werden. Im Falle von Norbornen werden derartige Massopolymerisationen bei einer Temperatur oberhalb 45°C durchgeführt. Die Molmasse des Polymerats kann in bekannter Weise geregelt werden; vorzugsweise wird dazu Wasserstoff verwendet.

30 Die Polymerisation wird in bekannter Weise in Lösung, in Suspension oder in der Gasphase, kontinuierlich oder diskontinuierlich, ein- oder mehrstufig bei einer Temperatur von -78 bis 150°C, vorzugsweise -20 bis 80°C, durchgeführt. Der Druck beträgt 0,5 bis 64 bar und wird entweder durch die gasförmigen Olefine oder mit Hilfe von Inertgas erhalten.

35 Besonders vorteilhaft sind kontinuierliche sowie mehrstufige Verfahren, weil sie einen rationalen Einsatz des polycyclischen Oleins ermöglichen. Auch läßt sich bei kontinuierlichen Verfahren das polycyclische Olefin, welches als Restmonomer zusammen mit dem Polymeren anfallen kann, zurückgewinnen und wieder dem Reaktionsgemisch zuführen.

40 Gegenüber dem bekannten Stand der Technik zeichnet sich das erfindungsgemäße Verfahren dadurch aus, daß die bevorzugt verwendeten Zirkoniumverbindungen in verdünnter Lösung sehr temperaturstabil sind, so daß sie auch bei Temperaturen bis 80°C eingesetzt werden können.

45 Bei der Herstellung von Copolymeraten kann die Variation der Molverhältnisse des polycyclischen Oleins zum eingesetzten 1-Olefin in einem weiten Bereich erfolgen. Durch die Wahl der Polymerisationstemperatur, durch die Konzentration der Katalysatorkomponenten und das eingesetzte Molverhältnis läßt sich die Einbaurate an Comonomer nahezu beliebig steuern. Bei Norbornen wird eine Einbaurate von mehr als 40 mol% erreicht.

50 Die mittlere Molmasse des gebildeten Copolymers läßt sich durch Variation der Katalysatorkonzentration oder der Temperatur in bekannter Weise variieren.

55 Die Polydispersität  $M_w/M_n$  der Copolymeren ist mit Werten zwischen 2,9 - 6,0 (4,5) recht eng, unterscheidet sich aber von den Molmassenverteilungen der mit diesem Katalysatorsystem hergestellten Polyethylen und Polypropylene  $M_w/M_n = 2$  deutlich. Dadurch resultiert ein Eigenschaftsbild der Polymerate, das diese für das Spritzgießen besonders geeignet macht.

Bei der Copolymerisation der polycyclischen Olefine mit den acyclischen Oleinen, insbesondere mit Propylen, entstehen Polymere mit einer Viskositätszahl größer 20 cm<sup>3</sup>/g. Bei Copolymeren von Norbornen mit acyclischen Oleinen, insbesondere Ethylen, liegt die Glastemperatur oberhalb 100°C.

55 Mit dem beschriebenen Verfahren lassen sich amorphe Copolymeren herstellen. Die Copolymeren sind transparent und hart. Sie sind beispielsweise in Dekahydronaphthalin bei 135°C und in Toluol bei Raumtemperatur löslich. Die erfindungsgemäßen Polymeren sind thermoplastisch verarbeitbar. Sowohl beim Extrudieren als auch beim Spritzgießen wurde kein bemerkenswerter Abbau oder Viskositätsaufbau gefunden.

Die erhaltenen Materialien eignen sich besonders zur Herstellung von Extrusionsteilen wie Folien, Schläuchen, Rohren, Stangen und Fasern als auch zur Herstellung von Spritzgußartikeln beliebiger Form und Größe. Eine wichtige Eigenschaft der erhaltenen Materialien ist ihre Transparenz. Dadurch kommen besonders den optischen Anwendungen der extrudierten oder spritzgegossenen Teile aus diesen Materialien eine große Bedeutung zu. Der mit einem Abbe-Refraktometer und Mischlicht bestimmte Brechungsindex der in den nachfolgenden Beispielen beschriebenen Reaktionsprodukte liegt im Bereich zwischen 1,520 und 1,545. Nachdem der Brechungsindex sehr nahe an dem von Kronglas ( $n = 1,51$ ) liegt, können die erhaltenen Produkte als Glasersatz verschiedene Anwendungen finden wie beispielsweise Linsen, Prismen, Trägerplatten und -folien für optische Datenspeicher, für Videoplatten, für Compact Disks, als Deck- und Fokussierscheiben für Solarzellen, als Deck- und Streuscheiben für Leistungsoptiken, als Lichtwellenleiter in der Form von Fasern oder Folien.

Die erhaltenen Polymeren sind auch für die Herstellung von Polymerlegierungen einsetzbar. Die Legierungen können in der Schmelze oder in Lösung hergestellt werden. Die Legierungen weisen jeweils eine für bestimmte Anwendungen günstige Eigenschaftskombination der Komponenten auf. Für Legierungen mit den erhaltenen Polymeren sind folgende Polymere einsetzbar:

Polyethylen, Polypropylen, (Ethylen-Propylen)-Copolymere, Polybutylen, Poly-(4-methyl-1-penten), Polyisopren, Polyisobutylen, Naturkautschuk, Poly-(methylmethacrylat), weitere Polymethacrylate, Polyacrylate, (Acrylat-Methacrylat)-Copolymere, Polystyrol, (Styrol-Acrylnitril)-Copolymere, Bisphenol-A-Polycarbonat, weitere Polycarbonate, aromatische Polyestercarbonate, Polyethylenterephthalat, Polybutylenerephthalat, amorphe Polyarylate Nylon-6, Nylon-66, weitere Polyamide, Polyaramide, Polyetherketone, Polyoxymethylene, Polyoxyethylen, Polyurethane, Polysulfone, Polyethersulfone, Polyvinylidenfluorid.

Die in den folgenden Beispielen angegebenen Glastemperaturen ( $T_g$ ) wurden mittels DSC (Differential Scanning Calorimetry) bei einer Aufheizrate von  $20^\circ\text{C}/\text{min}$  bestimmt. Die angegebenen Viskositätszahlen wurden gemäß DIN 53 728 ermittelt.

## 25 Referenzbeispiel 1

### Darstellung von rac-Dimethylsilyl-bis-(1-indenyl)-zirkondichlorid (Metallocen A)

Alle nachfolgenden Arbeitsoperationen sind in Inertgasatmosphäre unter Verwendung absolutierter Lösemittel durchgeführt worden (Schlenk-Technik).

Eine Lösung von 30 g (0,23 mol) über Aluminiumoxid filtriertem Inden (techn. 91 %) in  $200 \text{ cm}^3$  Diethylether wurde unter Eiskühlung mit  $80 \text{ cm}^3$  (0,20 mol) einer 2,5-molaren Lösung von n-Butyllithium in Hexan versetzt. Man rührte den Ansatz noch 15 min bei Raumtemperatur und gab die orangefarbene Lösung über eine Kanüle innerhalb 2 Stunden zu einer Lösung von 13,0 g (0,10 mol) Dimethyldichlorsilan (99 %) in  $30 \text{ cm}^3$  Diethylether. Die orangefarbene Suspension wurde über Nacht gerührt und dreimal mit  $100 - 150 \text{ cm}^3$  Wasser ausgeschüttelt. Die gelbe organische Phase wurde zweimal über Natriumsulfat getrocknet und im Rotationsverdampfer eingedampft. Das verbleibende orange Öl wurde 4 bis 5 Stunden im Ölpumpenvakuum bei  $40^\circ\text{C}$  gehalten und von überschüssigem Inden befreit, wobei ein weißer Niederschlag ausfiel. Durch Zugabe von  $40 \text{ cm}^3$  Methanol und Kristallisation bei  $-35^\circ\text{C}$  ließen sich insgesamt 20,4 g (71 %) der Verbindung  $(\text{CH}_3)_2\text{Si(Ind)}_2$  als weißes bis beiges Pulver isolieren. Fp.  $79 - 81^\circ\text{C}$  (2 Diastereomere).

Eine Lösung von 5,6 g (19,4 mmol)  $(\text{CH}_3)_2\text{Si(Ind)}_2$  in  $40 \text{ cm}^3$  THF wurde bei Raumtemperatur langsam mit  $15,5 \text{ cm}^3$  (38,7 mmol) einer 2,5-molaren Hexan-Lösung von Butyllithium versetzt. 1 Stunde nach Beendigung der Zugabe wurde die tiefrote Lösung innerhalb 4 - 6 Stunden zu einer Suspension von 7,3 g (19,4 mmol)  $\text{ZrCl}_4 \cdot 2\text{THF}$  in  $60 \text{ cm}^3$  THF zugetropft. Nach 2 Stunden Rühren wurde der orangefarbene Niederschlag über eine Glasfritte abgesaugt und aus  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  umkristallisiert. Man erhielt 1,0 g (11 %) rac- $(\text{CH}_3)_2\text{Si(Ind)}_2\text{ZrCl}_2$  in Form oranger Kristalle, die sich ab  $200^\circ\text{C}$  allmählich zersetzen. Korrekte Elementaranalysen. Das E1-Massenspektrum zeigte  $M^+ = 448$ .  $^1\text{H-NMR-Spektrum}$  ( $\text{CDCl}_3$ ): 7,04 - 7,60 (m, 8, arom. H), 6,90 (dd, 2,  $\beta$ -Ind H), 6,08 (d, 2,  $\alpha$ -Ind H), 1,12 (s, 6,  $\text{SiCH}_3$ ).

## Referenzbeispiel 2 - 9

Die Metallocene B, C, D, E, F, G, H und I gemäß der Tabelle 1 wurden analog Beispiel 1 dargestellt, wobei statt des Dimethyldichlorsilans eine Dihalogenverbindung gemäß der Tabelle 2 und bei den Hafniumverbindungen (Metallocene G, H und I)  $\text{HfCl}_4$  anstelle von  $\text{ZrCl}_4$  verwendet wurde.

## Referenzbeispiel 10

### 55 Darstellung von Diphenylmethylen(9-fluorenyl)-cyclopentadienyl-zirkondichlorid - (Metallocen L)

Eine Lösung von 5,10 g (30,7 mmol) Fluoren in  $60 \text{ cm}^3$  THF wurde bei Raumtemperatur mit  $12,3 \text{ cm}^3$  (30,7 mmol) einer 2,5 molaren Hexan-Lösung von n-Butyllithium langsam versetzt. Nach 40 min wurde die orangefarbene Lösung mit 7,07

g (30,7 mmol) Diphenylfulven versetzt und über Nacht gerührt. Zur dunkelroten Lösung wurden 60 cm<sup>3</sup> Wasser zugesetzt, wobei sich die Lösung gelb färbte, und die Lösung ausgeethert. Die über MgSO<sub>4</sub> getrocknete Etherphase wurde eingeengt und bei -35°C der Kristallisation überlassen. Man erhielt 5,1 g (42 %) 1,1-Cyclopentadienyl-(9-fluorenyl)-diphenylmethan als beiges Pulver.

- 5 2,0 g (5,0 mmol) der Verbindung wurden in 20 cm<sup>3</sup> THF gelöst und bei 0°C mit 6,4 cm<sup>3</sup> (10 mmol) einer 1,6 molaren Lösung von Butyllithium in Hexan versetzt. Nach 15 min Rühren bei Raumtemperatur wurde das Lösemittel abgezogen, der rote Rückstand im Ölumpenvakuum getrocknet und mehrmals mit Hexan gewaschen. Nach dem Trocknen im Ölumpenvakuum wurde das rote Pulver bei -78°C zu einer Suspension von 1,16 g (5,00 mmol) ZrCl<sub>4</sub> gegeben. Nach dem langsam Aufwärmen wurde der Ansatz noch 2 h bei Raumtemperatur gerührt. Die rosafarbene Suspension wurde über eine G3-Fritte filtriert. Der rosarote Rückstand wurde mit 20 cm<sup>3</sup> CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> gewaschen, im Ölumpenvakuum getrocknet und mit 120 cm<sup>3</sup> Toluol extrahiert. Nach Abziehen des Lösemittels und Trocknen im Ölumpenvakuum erhielt man 0,55 g des Zirkon-Komplexes in Form eines rosaroten Kristallpulvers.

Das orangerote Filtrat des Reaktionsansatzes wurde eingeengt und bei -35°C der Kristallisation überlassen. Aus CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> kristallisierten weitere 0,45 g des Komplexes.

- 15 Gesamtausbeute 1,0 g (36 %). Korrekte Elementaranalysen. Das Massenspektrum zeigte M<sup>+</sup> = 556. <sup>1</sup>H-NMR-Spektrum (100 MHz, CDCl<sub>3</sub>): 6,90 - 8,25 (m, 16, Flu-H, Ph-H), 6,40 (m, 2, Ph-H), 6,37 (t, 2, Cp-H), 5,80 (t, 2, Cp-H).

#### Referenzbeispiel 11

- 20 Darstellung von Isopropyl-(9-fluorenyl)-cyclopentadienylzirkondichlorid - (Metallocen M)

Metallocen M wurde in Anlehnung an die Literaturstelle J. Am. Chem. Soc. 110 (1988) 6255 hergestellt.

#### Beispiel 12 (nicht erfindungsgemäß)

- 25 Ein sauberer und trockener 1,5 dm<sup>3</sup>-Polymerisationsreaktor mit Rührer wurde mit Stickstoff und dann mit Ethylen gespült und mit einer Lösung von 25 g Norbornen in 750 cm<sup>3</sup> Toluol gefüllt. Unter Röhren wurde dann der Reaktor auf eine Temperatur von 20°C gebracht und 1 bar Ethylen aufgedrückt.  
Danach wurden 20 cm<sup>3</sup> toluolische Methylaluminoxanlösung (10,1 Gew.-% Methylaluminoxan mit Molmasse 1 300 g/mol nach kryoskopischer Bestimmung) in den Reaktor dosiert und die Mischung 15 min bei 20°C gerührt, wobei durch Nachdosieren der Ethylendruck bei 1 bar gehalten wurde (Sättigung des Toluols mit Ethylen). Parallel dazu wurden 30,5 mg Metallocen A in 10 cm<sup>3</sup> toluolischer Methylaluminoxanlösung (Konzentration und Qualität siehe oben) gelöst und durch 15 minütiges Stehenlassen voraktiviert. Dann wurde die Lösung des Komplexes in den Reaktor dosiert. Unter Röhren (750 UPM) wurde dann 1 Stunde bei 20°C polymerisiert, wobei der Ethylendruck durch Nachdosieren bei 1 bar gehalten wurde. Dann wurde der Reaktorinhalt schnell in ein Rührgefäß abgelassen, in dem 100 cm<sup>3</sup> Isopropanol vorgelegt waren. Diese Mischung wurde mit 2 dm<sup>3</sup> Aceton versetzt, 10 min gerührt und dann der suspendierte polymere Feststoff abfiltriert. Das abfiltrierte Polymer wurde dann in 300 cm<sup>3</sup> einer Mischung aus zwei Teilen 3-normaler Salzsäure und einem Teil Ethanol gegeben und diese Suspension 2 Stunden gerührt. Das Polymere wurde dann erneut abfiltriert, mit Wasser neutral gewaschen und bei 80°C und 0,2 bar 15 Stunden getrocknet. Es wurde eine Produktmenge von 55 g erhalten. An dem Produkt wurde eine Viskositätszahl VZ von 244 cm<sup>3</sup>/g und eine Glastemperatur Tg von 32°C gemessen.

#### Beispiele 13 - 16

- 45 Es wurden Polymerisationsversuche analog Beispiel 12 durchgeführt. Gegenüber Beispiel 12 wurden variiert:

- Art des eingesetzten Metallocens
- Menge des eingesetzten Metallocens.

- 50 Alle anderen Parameter blieben konstant. Variierte Parameter und Polymerisationsergebnisse zeigt Tabelle 3.

#### Beispiele 17 - 21 und Vergleichsversuche a und b

Es wurden Polymerisationsversuche analog Beispiel 12 durchgeführt. Gegenüber Beispiel 12 wurden variiert:

- 55
- Art des eingesetzten Metallocens
  - Menge des eingesetzten Metallocens
  - Art des Lösemittels für Norbornenlösung
  - Menge des eingesetzten Norbornens

- Polymerisationszeit (t)
  - Polymerisationstemperatur (T)
  - Ethyldruck (p).
- 5 Alle anderen Parameter blieben konstant. Variierte Parameter und Polymerisationsergebnisse zeigt Tabelle 4.

#### **Beispiel 22 (nicht erfindungsgemäß)**

Die Polymerisation wurde gemäß Beispiel 12 durchgeführt mit dem Unterschied, daß anstatt Ethylen Stickstoff eingesetzt wurde und anstatt 25 g Norbornen eine Mischung aus 94,16 g Norbornen und 84,16 g 4-Methyl-1-penten eingesetzt wurde. Weiterhin abweichend von Beispiel 12 wurden 61,4 mg Metallocen A eingesetzt und die Polymerisationszeit war 3 Stunden. Es wurden 3,5 g Produkt mit einer Glastemperatur von 80°C erhalten.

#### **Beispiel 23 (nicht erfindungsgemäß)**

15 Die Polymerisation wurde gemäß Beispiel 12 durchgeführt mit dem Unterschied, daß anstatt Norbornen eine Mischung aus 94,16 g Norbornen und 84,16 g 4-Methyl-1-penten eingesetzt wurde. Weiterhin abweichend von Beispiel 12 wurden 62,2 mg Metallocen A eingesetzt und die Polymerisationszeit war 3 Stunden. Es wurden 11,8 g Produkt mit einer Glastemperatur von 55°C erhalten.

#### **Beispiel 24 (nicht erfindungsgemäß)**

20 Es wurde ein Polymerisationsversuch analog Beispiel 12 durchgeführt. Die in den Reaktor eingefüllte Norbornenlösung war jedoch eine Lösung von 15 g Norbornen in 750 cm<sup>3</sup> Hexan; es wurden 29,6 mg Metallocen eingesetzt. Man erhielt 8 g Polymeres mit VZ = 116 cm<sup>3</sup>/g und Tg = 36°C.

#### **Beispiel 25 (nicht erfindungsgemäß)**

25 Ein sauberer und trockener 1,5 dm<sup>3</sup>-Polymerisationsreaktor mit Rührer wurde mit Stickstoff und dann mit Propylen gespült und mit einer Lösung von 30 g Norbornen in 750 cm<sup>3</sup> Toluol gefüllt. Unter Rühren wurde dann der Reaktor auf eine Temperatur von 20°C gebracht und 1 bar Propylen aufgedrückt. Danach wurden 20 cm<sup>3</sup> toluolische Methylalumininoxanlösung (10,1 Gew.-% Methylaluminoxan mit Molmasse 1 300 g/mol nach kryoskopischer Bestimmung) in den Reaktor dosiert und die Mischung 15 min bei 20°C gerührt, wobei durch Nachdosieren der Propylen Druck bei 1 bar gehalten wurde (Sättigung des Toluols mit Propylen). Parallel dazu wurden 30,9 mg Metallocen A in 10 cm<sup>3</sup> toluolischer Methylalumininoxanlösung (Konzentration und Qualität siehe oben) gelöst und durch 15 minütiges Stehenlassen voraktiviert. Dann wurde die Lösung des Komplexes in den Reaktor dosiert. Unter Rühren (750 UPM) wurde dann 3 Stunden bei 20°C polymerisiert, wobei der Propylen Druck durch Nachdosieren bei 1 bar gehalten wurde. Dann wurde der Reaktorinhalt schnell in ein Rührgefäß abgelassen, in dem 100 cm<sup>3</sup> Isopropanol vorgelegt waren. Diese Mischung wurde mit 2 dm<sup>3</sup> Aceton versetzt, 10 min gerührt und dann der suspendierte polymere Feststoff abfiltriert. Das abfiltrierte Polymer wurde dann in 300 cm<sup>3</sup> einer Mischung aus zwei Teilen 3-normaler Salzsäure und einem Teil Ethanol gegeben und diese Suspension 2 Stunden gerührt. Dann wurde die gerührte Mischung mit 200 cm<sup>3</sup> Toluol versetzt und nach weiteren 5 min Rühren die toluolische Phase abgetrennt, mit 1 dm<sup>3</sup> Aceton-versetzt. Das durch Extraktion der salzauren Mischung in Toluol gelöste Polymere wurde so ausgefällt. Der ausgefällte polymere Feststoff wurde dann abfiltriert und bei 80°C und 0,2 bar 15 h getrocknet.

40 Es wurde eine Produktdmenge von 5,4 g erhalten. An dem Produkt wurde eine Viskositätszahl VZ = 23 cm<sup>3</sup>/g und eine Glastemperatur Tg = 96,6°C gemessen.

#### **Beispiele 26 - 37**

- 50 Es wurden Polymerisationsversuche analog Beispiel 19 durchgeführt. Gegenüber Beispiel 19 wurden variiert:
- Art des eingesetzten Metallocens
  - Menge des eingesetzten Metallocens.
  - Menge des eingesetzten Norbornens
  - Polymerisationstemperatur (T).

In Verusch 28 - 30 wurde eine toluolische Methylalumininoxanlösung mit 10,3 Gew.-% Methylaluminoxan mit Molmasse 750 g/mol nach kryoskopischer Bestimmung verwendet. Alle anderen Parameter blieben konstant. Variierte Parameter und Polymerisationsergebnisse zeigt Tabelle 5.

**Beispiel 38 (nicht erfindungsgemäß)**

Es wurde ein Polymerisationsversuch analog Beispiel 25 durchgeführt. Die in den Reaktor eingefüllte Norbornenlösung war jedoch eine Lösung von 15 g Norbornen in 750 cm<sup>3</sup> Hexan; die eingesetzte Menge an Metallocen A war 5 31,6 mg und die Polymerisationstemperatur 40°C.  
Man erhielt 5,3 g Polymer mit VZ = 7 cm<sup>3</sup>/g und Tg = 87°C.

**Beispiel 39 (nicht erfindungsgemäß)**

10 Ein sauberer und trockener 1,5 dm<sup>3</sup>-Polymerisationsreaktor mit Rührer wurde mit Stickstoff und dann mit Propylen gespült und mit einer Lösung von 107 g Norbornen in 750 cm<sup>3</sup> Toluol gefüllt. Unter Röhren wurde dann der Reaktor auf eine Temperatur von 20°C gebracht und 1 bar Propylen aufgedrückt. Danach wurden 20 cm<sup>3</sup> toluolische Methylalumininoxanlösung (10,1 Gew.-% Methylaluminoxan mit Molmasse 750 g/mol nach kryoskopischer Bestimmung) in den Reaktor dosiert und die Mischung 15 min bei 20°C gerührt, wobei durch Nachdosieren der Propylendruck bei 1 bar gehalten wurde (Sättigung des Toluols mit Propylen). Parallel dazu wurden 64,1 mg Metallocen A in 10 cm<sup>3</sup> toluolischer Methylalumininoxanlösung (Konzentration und Qualität siehe oben) gelöst und durch 15 minütiges Stehenlassen voraktiviert. Dann wurde die Lösung des Komplexes in den Reaktor dosiert. Unter Röhren (750 UPM) wurde dann 3 Stunden bei 20°C polymerisiert, wobei der Propylendruck durch Nachdosieren bei 1 bar gehalten wurde. Dann wurde der Reaktorinhalt schnell in ein Rührgefäß abgelassen, in dem 100 cm<sup>3</sup> Isopropanol vorgelegt waren. Diese Mischung wurde mit 20 2 dm<sup>3</sup> Aceton versetzt, 10 min gerührt und dann der suspendierte polymere Feststoff abfiltriert. Das abfiltrierte Polymer wurde dann in 300 cm<sup>3</sup> einer Mischung aus zwei Teilen 3-normaler Salzsäure und einem Teil Ethanol gegeben und diese Suspension 2 Stunden gerührt. Das Polymere wurde dann erneut abfiltriert, mit Wasser neutral gewaschen und bei 80°C und 0,2 bar 15 Stunden getrocknet.  
Es wurde eine Produktmenge von 2 g erhalten. An dem Produkt wurde eine Viskositätszahl VZ von 26,1 cm<sup>3</sup>/g und 25 eine Glastemperatur Tg von 129,5°C gemessen.

**Beispiele 40 - 43**

Es wurden Polymerisationsversuche gemäß Beispiel 39 durchgeführt. Gegenüber Beispiel 39 wurden variiert:

- 30 - Molekulargewicht des Methylalumininoxans  
- Art des eingesetzten Metallocens  
- Menge des eingesetzten Metallocens  
- Menge des eingesetzten Norbornens  
35 - Propylendruck (P).

Alle anderen Parameter blieben konstant, variierte Parameter und Polymerisationsergebnisse zeigt Tabelle 6.

**Beispiel 44 (nicht erfindungsgemäß)**

40 Es wurde ein Polymerisationsversuch gemäß Beispiel 12 durchgeführt, wobei anstatt Norbornen 110 g 1,4,3,8-Dimethano-1,2,3,4,4a,5,8,8a-octahydronaphthalin und anstatt 30,5 mg 61,5 mg Metallocen A eingesetzt wurden. 17 g Polymer wurde erhalten. An dem Polymer wurde eine Viskositätszahl VZ = 120 cm<sup>3</sup>/g und eine Glastemperatur Tg = 124°C gemessen.

45 **Beispiel 45 (nicht erfindungsgemäß)**

Es wurde ein Polymerisationsversuch gemäß Beispiel 17 durchgeführt, wobei anstatt Norbornen ein Gemisch aus 50 94 g Norbornen und 68 g Cyclopenten eingesetzt wurde. 17,4 g Polymer wurden erhalten. An dem Polymer wurde eine Viskositätszahl VZ = 137 cm<sup>3</sup>/g und eine Glastemperatur Tg = 117°C gemessen.

**Beispiel 46**

An zwei Ethylen-Norbornen-Copolymeren, welche eine Glastemperatur von 55 bzw. 115°C sowie eine Viskositätszahl von 240 bzw. 230 cm<sup>3</sup>/g aufweisen, wurden mittels C<sup>13</sup>-NMR (Nuclear Magnetic Resonance) auf der Basis des Verhältnisses zwischen der Anzahl von tertiären und sekundären Kohlenstoff-Atomen Norbornen-Einbauraten von 27 bzw. 41,5 mol-% bestimmt.

**Beispiel 47 (nicht erfindungsgemäß)**

40 g eines gemäß Beispiels 20 hergestellten Polymers wurden bei 200°C 1 Stunde in einem Meßkneter (Fa. HAAKE) unter Inertgas (Ar) geknetet. Das Drehmoment hatte sich nach der Befüllung stabilisiert und war über die 5 Dauer von 45 Minuten konstant geblieben.

**Beispiel 48 (nicht erfindungsgemäß)**

Analog zu Beispiel 46 wurden 20 g eines gemäß Beispiels 20 hergestellten Polymers zusammen mit 20 g eines 10 gemäß Beispiels 21 hergestellten Polymers geknetet. Die so erhaltene Legierung war transparent. Mittels DSC bei einer Aufheizrate von 20°C/min ließ sich nur eine Glasstufe bei 149°C ausmachen.

Tabelle 1

15	Verbindung	Kurzbezeichnung
	rac-Dimethylsilyl-bis-(1-indenyl)-zirkondichlorid	Metallocen A
	rac-Dimethylgermyl-bis-(1-indenyl)-zirkondichlorid	Metallocen B
20	rac-Phenylmethylsilyl-bis-(1-indenyl)-zirkondichlorid	Metallocen C
	rac-Phenylvinylsilyl-bis-(1-indenyl)-zirkondichlorid	Metallocen D
	1-Silacyclobutyl-bis-(1'-indenyl)-zirkondichlorid (Isomerenmischung: 57 % rac- Isomeres, 43 % meso-Isomeres)	Metallocen E
25	rac-Ethylen-bis-(1-indenyl)-zirkondichlorid	Metallocen F
	rac-Diphenylsilyl-bis-(1-indenyl)-hafniumdichlorid	Metallocen G
	rac-Phenylmethylsilyl-bis-(1-indenyl)-hafniumdichlorid	Metallocen H
30	rac-Dimethylsilyl-bis-(1-indenyl)-hafniumdichlorid	Metallocen I
	rac-Diphenylsilyl-bis-(1-indenyl)-zirkondichlorid	Metallocen K
	Diphenylmethylen-(9-fluorenyl)-cyclopentadienyl-zirkondichlorid	Metallocen L
	Isopropylen-(9-fluorenyl)-cyclopentadienyl-zirkondichlorid	Metallocen M

35

Tabelle 2

40	Metallocen	Dihalogenverbindung
	A	Dimethyldichlorsilan
	B	Dimethylgermaniumdichlorid (Dimethyldichlorgerman)
45	C	Phenylmethyldichlorsilan
	D	Phenyldichlorsilan
	E	Cyclotrimethylenedichlorsilan
	F	1,2-Dibromethan
	G	Diphenyldichlorsilan
50	H	Phenylmethyldichlorsilan
	I	Dimethyldichlorsilan
55	J	Diphenyldichlorsilan

**EP 0 407 870 B1**

Tabelle 3

Beispiel	Metallocen	Menge Metallocen (mg)	T (°C)	Produktmenge (g)	VZ (cm <sup>3</sup> /g)	Tg (DSC) (°C)
13	B*	31,4	20	3,3	337	23,5
14	K*	33,5	20	14,0	96	31,2
15	L	43,7	20	9,0	121	37,6
16	M	29,3	20	12,0	99	32,2

\* nicht erfundungsgemäß

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Tabelle 4

Bei- spiel	Metallocen	Menge Metallocen (mg)	Norbornenmenge (g)	T (°C)	P (bar)	t (h)	Löse- mittel	Produktmenge (g)	VZ (cm <sup>3</sup> /g)	Tg (DSC) (°C)
17	A *	60	107	20	1	3	Toluol	54,1	177	105
18	A *	66,5	214	70	1,5	3	Benzin- fraktion	9,5	55	163
Kp.110-130°C										
19	A *	60	107	40	1	3	Toluol	6,0	62	156
20	A *	60	180	20	1	1	Toluol	7,6	65	146
Vgl. a	F *	60	180	20	1	1	Toluol	35,0	157	134
21	A *	60	214	20	1	3	Toluol	16,8	110	154
Vgl. b	F *	60	214	20	1	3	Toluol	34,4	191	141

\* nicht Erfüllungsgemäß

Tabelle 5

Beispiel	Metallocen	Menge Metallocen (mg)	Menge Norbornen (g)	T (°C)	Produktmenge (g)	VZ (cm <sup>3</sup> /g)	Tg (DSC) (°C)
26	C*	60,9	30	40	1,4	19	91,1
27	D*	51,6	30	40	1,5	22	89,7
28	E*	56,2	30	40	1,1	22	103,6
29	K*	38,0	30	40	2,0	14	91,8
30	G*	351,0	30	70	1,2	30	50,0
31	H*	100,2	40	70	1,1	26	48,2
32	I*	177,0	30	40	3,0	24	61,0
33	I*	302,0	30	50	7,0	4	70,4
34	L	30,6	30	20	50,0	14	26,5
35	L	30,1	40	40	110,0	27	23,7
36	L	15,0	40	50	23,0	4	62,0
37	M	30,3	80	20	1,3	22	26,6

\* nicht erfundungsgemäß

25

30

35

40

45

50

55

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

Tabelle 6

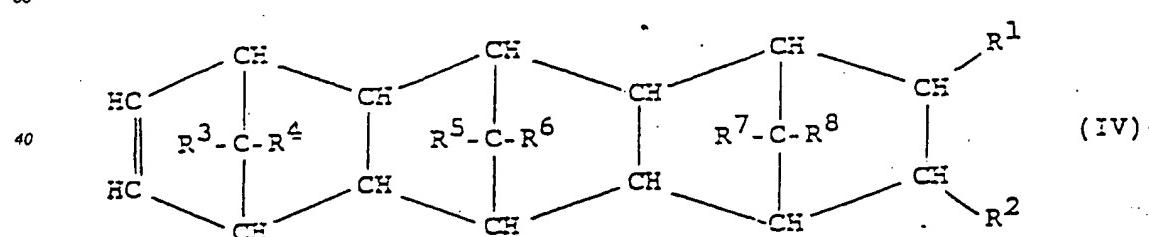
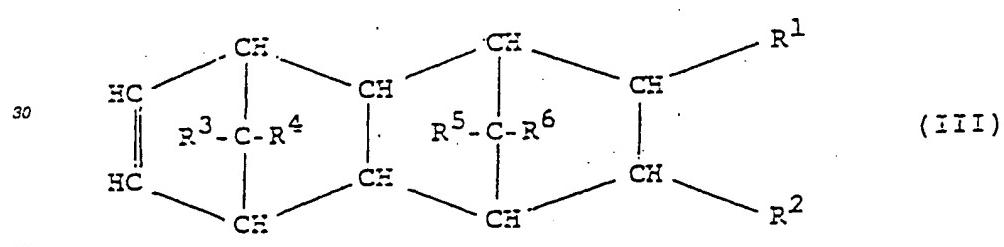
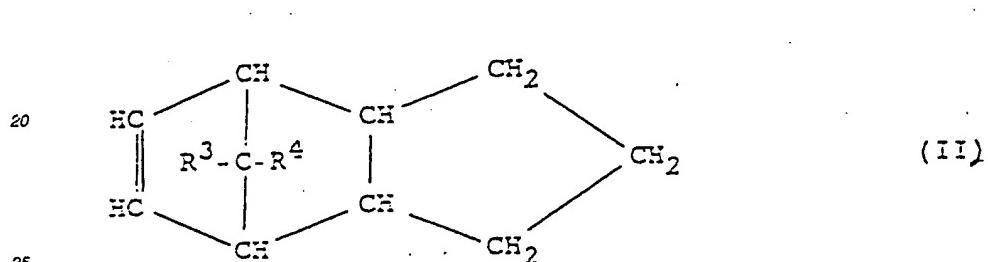
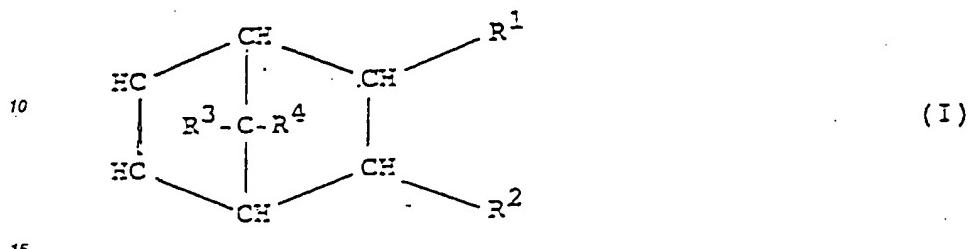
Bei- spiel	Metallocen	Menge Metallocen (mg)	Menge Norbornen (g)	Druck (bar)	$M_w$ (MAO) (g/mol)	Produktmenge (g)	$V_2$ (cm <sup>3</sup> /g)	Tg (DSC) (°C)
40	A *	89	107	3	750	3,1	31	107
41	A **	60	50	1-3*	750	5,2	25,6	101
42	A *	60	107	1-3*	1 300	5,3	21,0	120
43	F *	60	107	1-3*	1 300	12,0	20,0	129

\* der Druck wurde während der Polymerisation innerhalb 1 Stunde linear von 1 auf 3 bar angehoben.

\*\* nicht erfassungsergebnis

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Cycloolefinpolymers durch Polymerisation von  
 5 0,1 bis 100 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der Monomeren, mindestens eines Monomers der Formeln I,  
 II, III oder IV

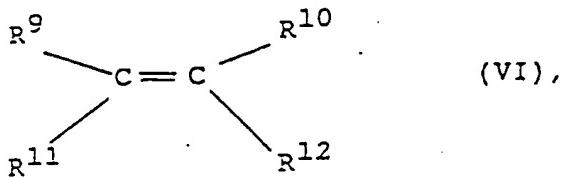


45 worin R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup>, R<sup>7</sup> und R<sup>8</sup> gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder einen C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkylrest bedeuten, wobei gleiche Reste in den verschiedenen Formeln eine unterschiedliche Bedeutung haben können,

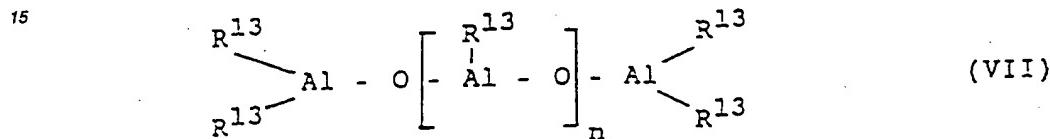
50 0 bis 99,9 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der Monomeren, eines Cycloolefins der Formel V



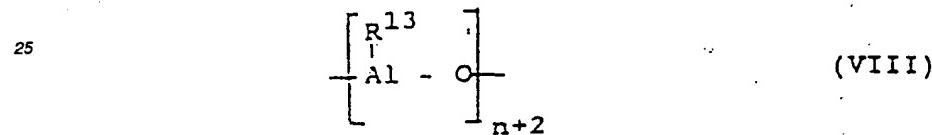
worin n eine Zahl von 2 bis 10 ist, und 0 bis 99,9 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der Monomeren, mindestens eines acyclischen 1-Olefins der Formel VI



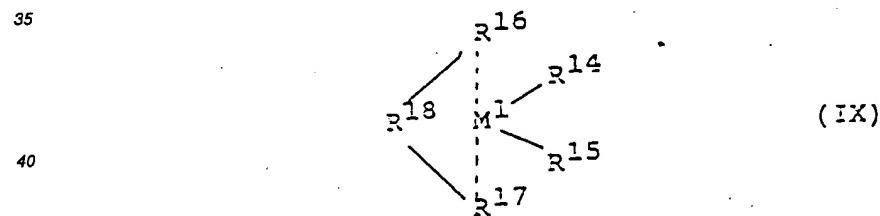
10 worin  $R^9$ ,  $R^{10}$ ,  $R^{11}$  und  $R^{12}$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom oder einen  $C_1$ - $C_8$ -Alkylrest bedeuten, in Lösung, in Suspension, in Monomerschmelze oder in der Gasphase, bei einer Temperatur von -78 bis 150°C, bei einem Druck von 0,5 bis 64 bar, in Gegenwart eines Katalysators, welcher aus einem Metallocen als Übergangsmetallkomponente und einem Aluminoxan der Formel VII



20 für den linearen Typ, und/oder der Formel VIII



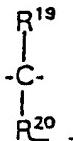
30 für den cyclischen Typ besteht, wobei in den Formeln VII und VIII  $R^{13}$  eine  $C_1$ - $C_6$ -Alkylgruppe oder Phenyl oder Benzyl bedeutet und  $n$  eine ganze Zahl von 2 bis 50 ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Polymerisation in Gegenwart eines Katalysators durchgeführt wird, dessen Übergangsmetallkomponente eine Verbindung der Formel IX



45 ist, worin

$M^1$  Titan, Zirkon, Hafnium, Vanadium, Niob oder Tantal ist,  
 $R^{14}$  und  $R^{15}$  gleich oder verschieden sind und ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkylgruppe, eine  $C_1$ - $C_{10}$ -Alkoxygruppe, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Arylgruppe, eine  $C_6$ - $C_{10}$ -Aryloxygruppe, eine  $C_2$ - $C_{10}$ -Alkenylgruppe, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Arylalkylgruppe, eine  $C_7$ - $C_{40}$ -Alkylarylgruppe oder eine  $C_8$ - $C_{40}$ -Arylalkenylgruppe bedeuten,  
 $R^{16}$  und  $R^{17}$  gleich oder verschieden sind und einen ein- oder mehrkernigen Kohlenwasserstoffrest, welcher mit dem Zentralatom  $M^1$  eine Sandwichstruktur bilden kann, bedeuten,  
 $R^{18}$

5



ist, wobei R<sup>19</sup> und R<sup>20</sup> gleich oder verschieden sind und ein Halogenatom, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Fluoralkylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Fluorarylgruppe, eine C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-Arylgruppe, eine C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-Alkoxygruppe, eine C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-Alkenylgruppe, eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkylgruppe, eine C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-Arylalkenylgruppe oder eine C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-Alkylarylgruppe bedeuten oder R<sup>19</sup> und R<sup>20</sup> jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen Ring bilden.

- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Metallocen  
Diphenylmethylen-(9-fluorenyl)-cyclopentadienyl-zirkondichlorid und Isopropenyl-(9-fluorenyl)-cyclopentadienyl-zirkondichlorid oder deren Gemische verwendet werden.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das polycyclische Olefin DMON (Dimethanooc-tahydro-naphtalin) und das 1-Olefin Ethylen ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet daß das polycyclische Olefin DMON (Dimethanooc-tahydro-naphtalin) und das 1-Olefin Propylen ist.
- 25 5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das polycyclische Olefin Norbornen und das 1-Olefin Ethylen ist.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das polycyclische Olefin Norbornen und das 1-Olefin Propylen ist.

30 **Claims**

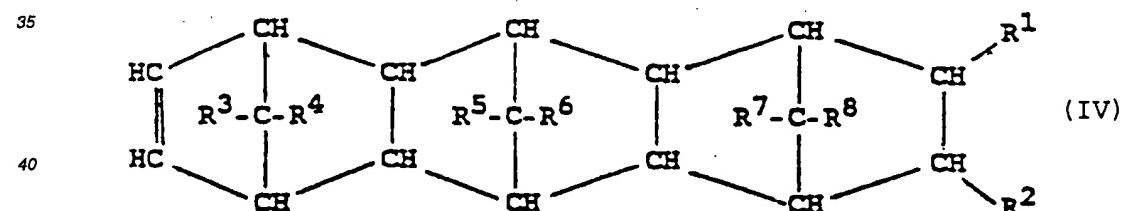
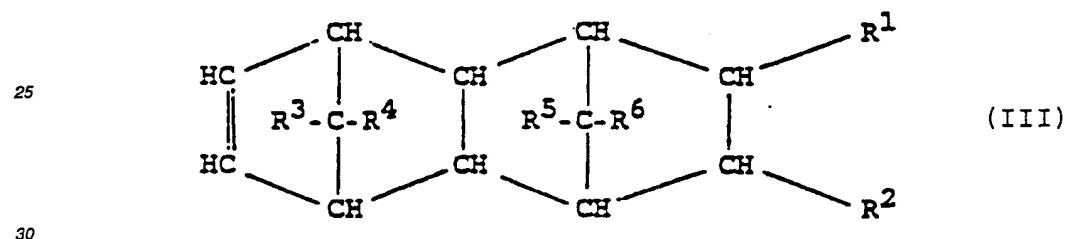
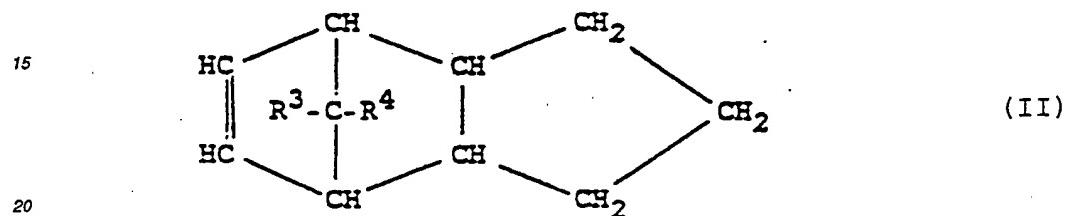
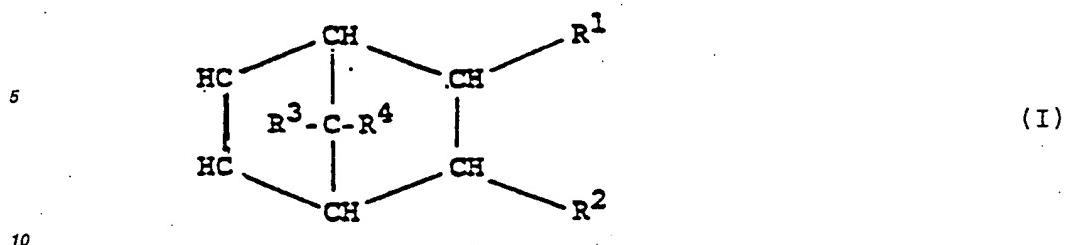
1. A process for the preparation of a cycloolefin polymer by polymerizing  
0.1 to 100 % by weight, relative to the total amount of the monomers, of at least one monomer of the formulae I, II,  
35 III or IV

40

45

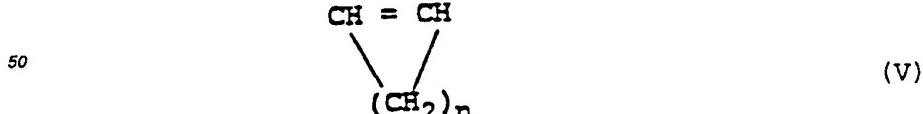
50

55

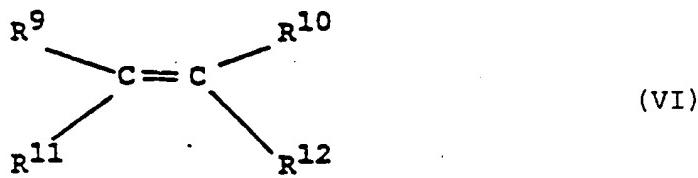


in which R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup>, R<sup>7</sup> and R<sup>8</sup> are identical or different and denote a hydrogen atom or a C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-alkyl radical, it being possible for identical radicals in the various formulae to have a different meaning,

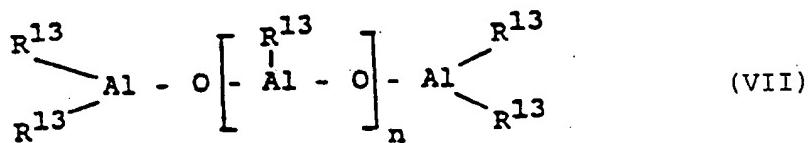
45 0 to 99.9 % by weight, relative to the total amount of the monomers, of a cycloolefin of the formula V



55 in which n is a number from 2 to 10, and  
0 to 99.9 % by weight, relative to the total amount of the monomers, of at least one acyclic 1-olefin of the formula VI



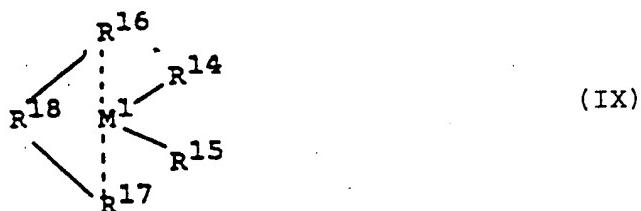
10 in which R<sup>9</sup>, R<sup>10</sup>, R<sup>11</sup> and R<sup>12</sup> are identical or different and denote a hydrogen atom or a C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-alkyl radical, in solution, in suspension, in a monomer melt or in the gas phase, at a temperature of -78 to 150°C, under a pressure of 0.5 to 64 bar, in the presence of a catalyst which is composed of a metallocene as the transition metal component and an aluminoxane of the formula VII



20  
for the linear type and/or of the formula VIII

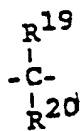


30 for the cyclic type, R<sup>13</sup> in the formulae VII and VIII denoting a C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-alkyl group or phenyl or benzyl and n being an integer from 2 to 50, which comprises carrying out the polymerization in the presence of a catalyst the transition metal component of which is a compound of the formula IX



45 in which

M<sup>1</sup> is titanium, zirconium, hafnium, vanadium, niobium or tantalum,  
R<sup>14</sup> and R<sup>15</sup> are identical or different and denote a hydrogen atom, a halogen atom, a C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-alkyl group, a C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>-alkoxy group, a C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-aryl group, a C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>-aryloxy group, a C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>-alkenyl group, a C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-arylalkyl group, a C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>-alkylaryl group or a C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>-arylalkenyl group,  
R<sup>16</sup> and R<sup>17</sup> are identical or different and denote a mononuclear or polynuclear hydrocarbon radical which can form a sandwich structure together with the central atom M<sup>1</sup>,  
R<sup>18</sup> is



5

10

15

20

25

30

$\text{R}^{19}$  and  $\text{R}^{20}$  being identical or different and denoting a halogen atom, a  $\text{C}_1\text{-}\text{C}_{10}$ -alkyl group, a  $\text{C}_1\text{-}\text{C}_{10}$ -fluoroalkyl group, a  $\text{C}_6\text{-}\text{C}_{10}$ -fluoroaryl group, a  $\text{C}_6\text{-}\text{C}_{10}$ -aryl group, a  $\text{C}_1\text{-}\text{C}_{10}$ -alkoxy group, a  $\text{C}_2\text{-}\text{C}_{10}$ -alkenyl group, a  $\text{C}_7\text{-}\text{C}_{40}$ -arylalkyl group, a  $\text{C}_8\text{-}\text{C}_{40}$ -arylalkenyl group or a  $\text{C}_7\text{-}\text{C}_{40}$ -alkylaryl group or  $\text{R}^{19}$  and  $\text{R}^{20}$ , in each case with the atoms linking them, forming a ring.

2. The process as claimed in claim 1, wherein the metallocene used is diphenylmethylene-(9-fluorenyl)-cyclopentadienyl-zirconium dichloride and isopropylene-(9-fluorenyl)-cyclopentadienyl-zirconium dichloride or a mixture thereof.
3. The process as claimed in claim 1 or 2, wherein the polycyclic olefin is DMON (dimethano-octahydro-naphthalene) and the 1-olefin is ethylene.
4. The process as claimed in claim 1 or 2, wherein the polycyclic olefin is DMON (dimethano-octahydro-naphthalene) and the 1-olefin is propylene.
5. The process as claimed in claim 1 or 2, wherein the polycyclic olefin is norbornene and the 1-olefin is ethylene.
6. The process as claimed in claim 1 or 2, wherein the polycyclic olefin is norbornene and the 1-olefin is propylene.

#### Revendications

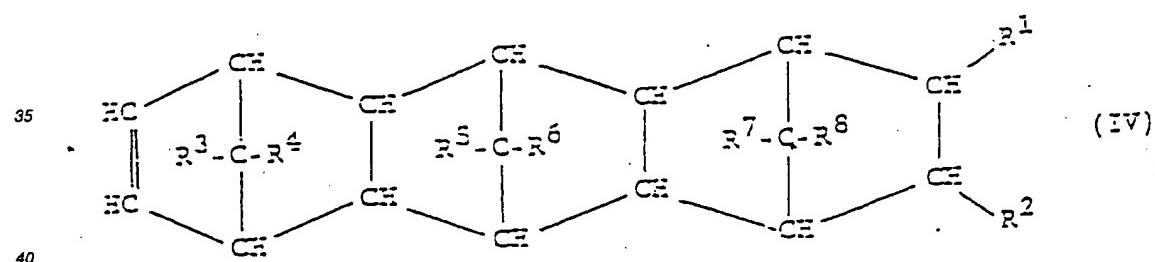
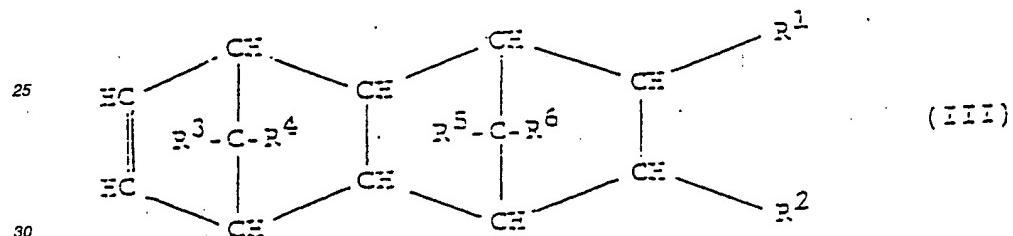
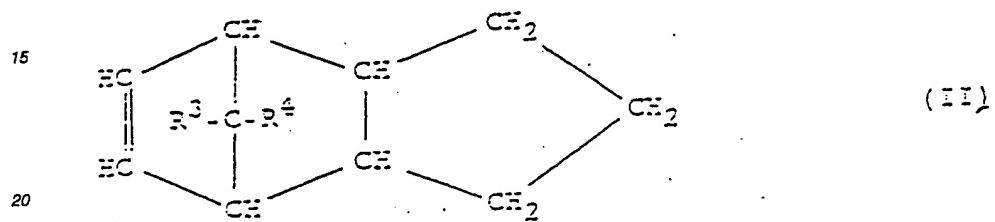
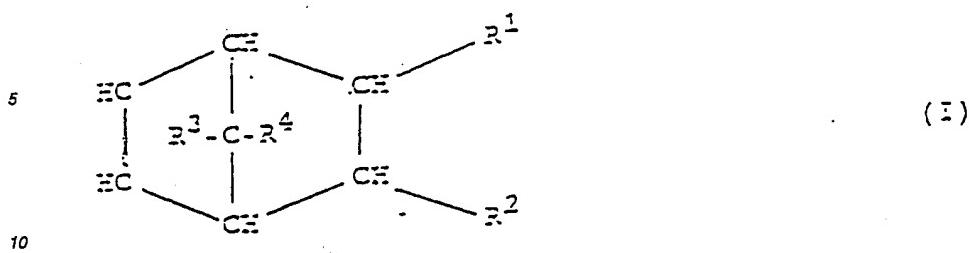
- 35 1. Procédé de préparation d'un polymère cyclooléfinique par polymérisation de 0,1 à 100 % en poids par rapport au poids total du monomère, au moins d'un monomère de formules I, II, III ou IV

40

45

50

55

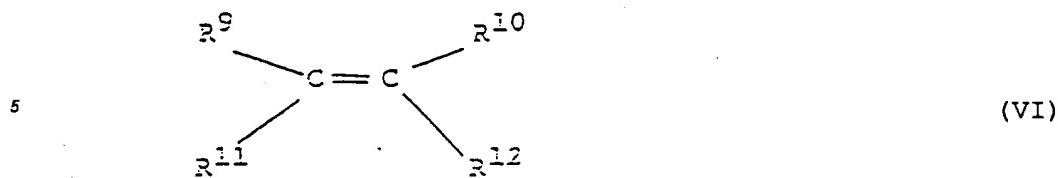


dans lesquelles R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup>, R<sup>4</sup>, R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup>, R<sup>7</sup> et R<sup>8</sup> sont identiques ou différents et représentent un atome d'hydrogène ou un reste alkyle en C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>, les restes identiques dans les différentes formules pouvant avoir des significations différentes,

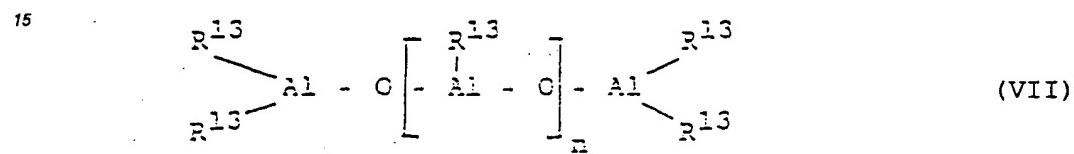
45 de 0 à 99,9 % en poids par rapport au poids total des monomères, d'une cyclooléfine de formule V



55 dans laquelle n est un nombre de 2 à 10, et de 0 à 99,9 % en poids, par rapport au poids total des monomères, d'au moins une 1-oléfine acyclique de formule VI

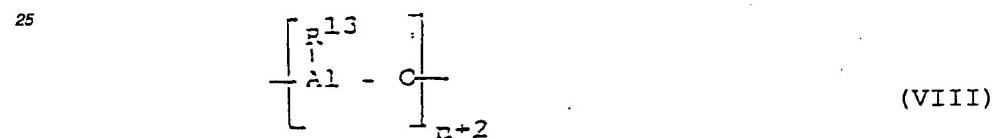


10 dans laquelle R<sup>9</sup>, R<sup>10</sup>, R<sup>11</sup> et R<sup>12</sup> sont identiques ou différents, et représentent un atome d'hydrogène ou un reste alkyle en C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>, en solution, en suspension ou en phase gazeuse, à une température de -78 à 150 °C, à une pression de 0,5 à 64 bars, en présence d'un catalyseur constitué d'un métallocène d'un composant à base de métal de transition et d'un aluminoxane de formule VII



20

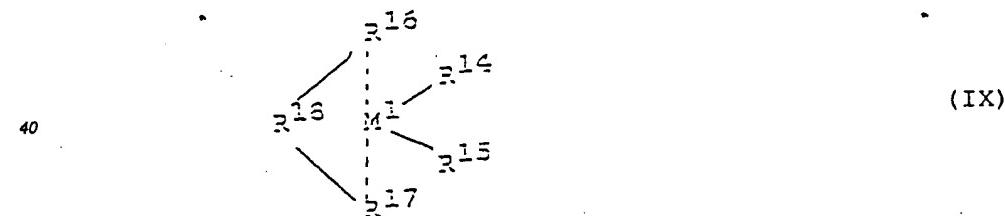
pour le type linéaire et/ou de formule VIII



30

pour le type cyclique, dans les formules VII et VIII, R<sup>13</sup> représente un groupe alkyle en C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> ou phényle ou benzyle, et n est un nombre entier de 2 à 50, caractérisé en ce qu'on met en oeuvre la polymérisation en présence d'un catalyseur dont le composant à base de métal de transition est au moins un composé de formule IX

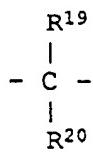
35



45

dans laquelle

- M<sup>1</sup>  
R<sup>14</sup> et R<sup>15</sup>
- 50
- représente le titane, le zirconium, l'hafnium, le vanadium, le niobium ou le tantale, sont identiques ou différents et représentent un atome d'hydrogène, un atome d'halogène, un groupe alkyle en C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>, un groupe alcoxy en C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub>, un groupe aryle en C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>, un groupe aryloxy en C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub>, un groupe alcényle en C<sub>2</sub>-C<sub>10</sub>, un groupe arylalkyle en C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub>, un groupe alkylaryle en C<sub>7</sub>-C<sub>40</sub> ou un groupe arylalcényle en C<sub>8</sub>-C<sub>40</sub>.
- R<sup>16</sup> et R<sup>17</sup>
- 55
- représentent un reste hydrocarboné mono- ou polycyclique, lequel peut former M<sup>1</sup> une structure sandwich avec l'atome central,
- R<sup>18</sup>
- représente



5

10       $R^{19}$  et  $R^{20}$  étant identiques ou différents, et représentent un atome d'halogène, un groupe alkyle en  $C_1-C_{10}$ , un groupe fluoroalkyle en  $C_1-C_{10}$ , un groupe fluoroaryle en  $C_6-C_{10}$ , un groupe aryle en  $C_6-C_{10}$ , un groupe alcoxy en  $C_1-C_{10}$ , un groupe alcényle en  $C_2-C_{10}$ , un groupe arylalkyle en  $C_7-C_{40}$ , un groupe arylalcényle en  $C_8-C_{40}$  ou un groupe alkylaryle en  $C_7-C_{40}$ , ou  $R^{19}$  et  $R^{20}$  chacun avec les atomes qui les relient, forment un cycle.

15

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on utilise comme métallocène le dichlorure de diphenyl-méthylène-(9-fluorényl)-cyclopentadiényl-zirconium et le dichlorure d'isoprénylène-(9-fluorényl)-cyclopentadiényl-zirconium ou leurs mélanges.

20      3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'oléfine polycyclique est le DMON (diméthano-octa-hydronaphtalène) et la 1-oléfine est l'éthylène.

25      4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'oléfine polycyclique est le DMNO (diméthano-octahy-dronaphtalène) et la 1-oléfine est le propylène.

5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'oléfine polycyclique est le norbornène et la 1-oléfine est l'éthylène.

30      6. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'oléfine polycyclique est le norbornène et la 1-oléfine est le propylène.

35

40

45

50

55